



(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENT- UND  
MARKENAMT

# Offenlegungsschrift

(10) DE 100 14 980 A 1

(51) Int. Cl. 7:  
**G 01 B 7/00**

G 01 B 7/30

G 01 D 5/20

G 01 R 33/07

(21) Aktenzeichen: 100 14 980.4

(22) Anmeldetag: 25. 3. 2000

(43) Offenlegungstag: 26. 4. 2001

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

(71) Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:

Thierbach, Peter, 71634 Ludwigsburg, DE

(56) Entgegenhaltungen:

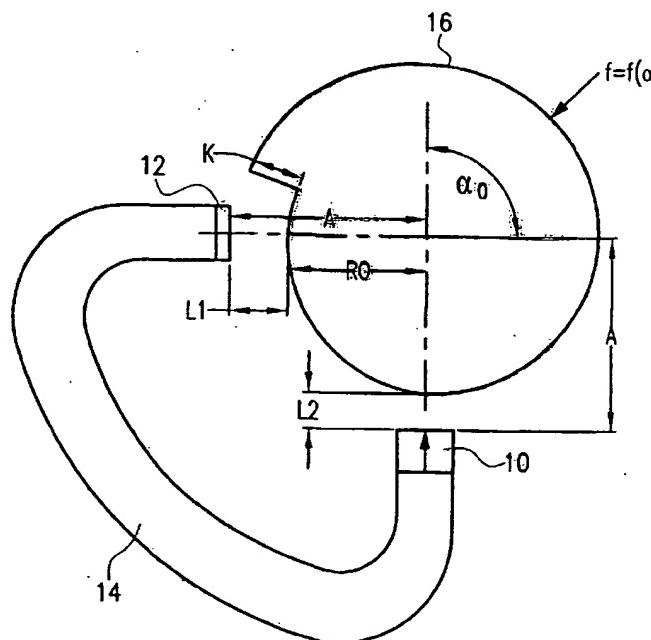
DE	44 00 616 C2
DE	43 07 544 A1
AT	25 85 95B
EP	05 12 282 B1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Vorrichtung zum Ermitteln der Position eines Objektes

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Ermitteln der Position eines Objektes mit Mitteln (10, 14) zum Erzeugen eines Magnetfeldes und mit Mitteln (16, 22) zum Beeinflussen des Magnetfeldes, indem die Mittel (16, 22) zum Beeinflussen und die Mittel (10, 14) zum Erzeugen relativ zueinander bewegbar sind, wobei Änderungen des Magnetfeldes durch einen Magnetfeldsensor (12) nachweisbar sind und die Kennlinie des Magnetfeldsensors (12) durch die geometrische Gestalt der Mittel zum Beeinflussen (16, 22) festlegbar ist.



BEST AVAILABLE COPY

DE 100 14 980 A 1

DE 100 14 980 A 1

# DE 100 14 980 A 1

1

## Beschreibung

### Stand der Technik

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Ermitteln der Position eines Objektes mit Mitteln zum Erzeugen eines Magnetfeldes und mit Mitteln zum Beeinflussen des Magnetfeldes, indem die Mittel zum Beeinflussen und die Mittel zum Erzeugen relativ zueinander bewegbar sind.

Eine gattungsgemäße Vorrichtung ist beispielsweise aus der EP 0 512 282 B1 bekannt. Hier ist ein Winkelauftnehmer zur berührungslosen Bestimmung der Drehung einer Welle offenbart. Das Magnetfeld wird durch eine Spulenanordnung erzeugt, welche auf einem Stator angeordnet ist. Durch die Drehung eines Rotors ändern sich die Induktivitäten der Spulen. Somit läßt sich über die Induktivitätsänderung die Änderung der Winkelstellung ermitteln. Im Zusammenhang mit der Vorrichtung des Standes der Technik ist bereits erkannt worden, daß eine geeignete Formgebung des Rotors einen positiven Einfluß auf das Meßsignal haben kann. Beispielsweise wird vorgeschlagen, daß der Rotor Bereiche mit konstant ansteigendem Radius hat, zum Beispiel entsprechend einer archimedischen Spirale.

Bei einem anderen Meßprinzip, welches über die Beeinflussung des Magnetfeldes arbeitet, wird nicht die Induktivitätsänderung einer Spulenanordnung ausgenutzt; vielmehr wird die Veränderung eines von einem Permanentmagneten erzeugten Magnetfeldes durch einen Magnetfeldsensor, zum Beispiel durch ein Hall-Element, gemessen.

Um möglichst zuverlässige Meßergebnisse zu erhalten, soll eine Meßanordnung möglichst im linearen Bereich betrieben werden. Bei den Winkelauftnehmern des Standes der Technik endet dieser näherungsweise lineare Bereich bei etwa 180°. Weiterhin ist festzustellen, daß die abstandssensitiven Verfahren im Hinblick auf Störgrößen, die in Sensierrichtung liegen, empfindlich sind. Bei einer Winkelmesung verursacht beispielsweise ein radiales Spiel ein entsprechendes Störsignal. Bei Wegsensierungen, das heißt bei Ermittlung der Position eines Objektes, welches eine Translationsbewegung ausführt, zeigen der Abstand des Magneten zum Magnetfeldsensor einen stark nicht-linearen Zusammenhang. Daher können Wegsensierungen nur in einem relativ kleinen Meßbereich durchgeführt werden. Zusätzlich ist festzustellen, daß bei großen Wegen und somit großen Abständen zwischen dem Magnetfeldsensor und dem bewegbaren Objekt die Signalausbeute sehr gering ist.

### Vorteile der Erfindung

Die Erfindung baut gemäß Anspruch 1 auf der gattungsgemäßen Vorrichtung dadurch auf, daß Änderungen des Magnetfeldes durch einen Magnetfeldsensor nachweisbar sind und daß die Kennlinie des Magnetfeldsensors durch die geometrische Gestalt der Mittel zum Beeinflussen festlegbar ist. Es hat sich herausgestellt, daß insbesondere beim Nachweis der Positionsänderung und somit der Magnetfeldänderung durch einen Magnetfeldsensor die geometrische Gestalt der Mittel zum Beeinflussen des Magnetfeldes einen starken Einfluß auf die Kennlinie der Anordnung nimmt. Durch geeignete Wahl der geometrischen Gestalt ist es so möglich, daß bei Winkelsensierungen der Meßbereich deutlich über 180° erweitert werden kann; dies geschieht über eine Linearisierung des funktionalen Zusammenhangs zwischen Winkel und Ausgangssignal durch entsprechende Gestaltung der Geometrie. Bei einer Wegsensierung ist durch entsprechende Gestaltung der Geometrie des sich bewegenden Objektes der Meßbereich in weiten Grenzen wählbar.

Vorzugsweise ist der Magnetfeldsensor ein Hall-Element.

2

Hall-Elemente haben sich bei der Messung von Magnetfeldern bewährt, insbesondere aufgrund ihrer hohen Empfindlichkeit. Die geeignete geometrische Gestaltung hat hier einen starken Einfluß auf die Kennlinie.

- 5 Vorzugsweise umfassen die Mittel zum Erzeugen eines Magnetfeldes einen Magneten und einen weichmagnetischen Rückschlüßbügel, wobei der Magnet und der Magnetfeldsensor an entgegengesetzten Enden des Rückschlüßbügels angeordnet sind. Die Mittel zum Beeinflussen des Magnetfeldes können somit zwischen den Enden des Rückschlüßbügels angeordnet werden und durch ihre Bewegung in effizienter Weise den Luftspalt und somit die magnetische Flußdichte beeinflussen.
- 10 Bei einer bevorzugten Ausführungsform sind die Mittel zum Beeinflussen des Magnetfeldes als weichmagnetischer Rotor ausgelegt, wobei sich der Radius des Rotors in Umfangsrichtung verändert. Ordnet man diesen Rotor zwischen den Enden des Rückschlüßbügels an, wobei ein Ende den Magneten und das andere Ende den Magnetfeldsensor trägt, so ändern sich die Luftspalte an beiden Enden des Rückschlüßbügels mit der Drehung des Rotors. Bei geeigneter Formgebung der Außenlinie des Rotors kann über einen großen Winkelbereich ein nahezu linearer Kennlinienverlauf erzeugt werden.
- 15 20 25 Dabei ist besonders bevorzugt, wenn sich der Radius R des Rotors gemäß der Gleichung

$$R(\alpha) = K \cdot \frac{\alpha^x}{360^\circ} + R_0$$

30

- ändern, wobei  
R<sub>0</sub> der minimale Radius ist,  
 $\alpha$  der Drehwinkel gemessen zum Ort des minimalen Radius R<sub>0</sub> ist,
- 35 K eine Konstante ist und  
x eine Konstante < 1 ist.

Mit einem solchen Radiusverlauf, welcher eine spiralförmige Umfangslinie bedeutet, kann in guter Näherung eine lineare Kennlinie erzeugt werden.

- 40 Es kann ebenfalls vorteilhaft sein, wenn die Mittel zum Beeinflussen des Magnetfeldes als Rotor ausgelegt sind, wobei sich die Dicke eines sich axial erstreckenden weichmagnetischen Kragens in Umfangsrichtung verändert. Dieser Kragen kann zum Beispiel zwischen den Enden eines U-förmig gebogenen Rückschlüßbügels ragen, auf dessen Innenseiten der Magnetfeldsensor bzw. der Magnet an entgegengesetzten Enden sitzen. Durch Drehung des Rotors wird der Luftspalt zwischen dem Magneten und dem Magnetfeldsensor beeinflußt, so daß der Magnetfeldsensor ein Signal in Abhängigkeit der Winkelstellung ausgibt. Durch einen geeigneten funktionalen Zusammenhang zwischen der Dicke des Kragens und der Winkelstellung läßt sich die Kennlinie wiederum nahezu linear gestalten, was zu einem großen Winkelmeßbereich führt.
- 45 50 55 60 65

Bei einer weiteren Ausführungsform sind die Mittel zum Beeinflussen des Magnetfeldes als weichmagnetischer Stab ausgelegt, dem eine Translationsbewegung zuführbar ist, wobei sich die Abmessung des Stabes senkrecht zur Bewegungsrichtung ändert. Die Erfindung dient also nicht nur zum Messen von Winkelstellungen, sondern auch zum Messen von linearen Bewegungen. Es können sehr große Wege sensiert werden, da nur die Änderung der Abmessung des Stabes funktional von Bedeutung ist. Durch entsprechende Festlegung der Kontur kann eine Linearisierung oder ein Kennlinienverlauf entsprechend den Anforderungen realisiert werden.

Der Erfindung liegt die überraschende Erkenntnis zugrunde, daß sich der Kennlinienverlauf durch die geometri-

sche Gestaltung von Mitteln zum Beeinflussen eines Magnetfeldes in der Weise festlegen läßt, daß der Meßbereich der Anordnung erheblich vergrößert wird. Beispielsweise kann der Kennlinienverlauf linearisiert werden; durch andere Formgebung kann aber gegebenenfalls auch ein nicht-linearer Kennlinienverlauf erzeugt werden, falls dies erwünscht ist. Die Erfindung eignet sich gleichermaßen zur Messung von Winkelstellungen als auch zur Messung von linearen Bewegungen.

### Zeichnung

Die Erfindung wird nun mit Bezug auf die begleitende Zeichnung anhand von Ausführungsformen beispielhaft dargestellt.

**Fig. 1** zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung mit einer ersten Rotorstellung;

**Fig. 2** zeigt die erfindungsgemäße Vorrichtung aus **Fig. 2** mit einer zweiten Rotorstellung;

**Fig. 3** zeigt eine weitere erfindungsgemäße Vorrichtung;

**Fig. 4a** und **Fig. 4b** zeigen die erfindungsgemäße Vorrichtung nach **Fig. 3** mit Blick auf die in **Fig. 3** mit A-A gekennzeichnete Schnittebene, wobei die **Fig. 4a** und **4b** unterschiedliche Rotorstellungen darstellen;

**Fig. 5** zeigt eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung;

**Fig. 6** zeigt eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung;

**Fig. 7** zeigt eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung;

**Fig. 8a** und **Fig. 8b** zeigen die erfindungsgemäße Vorrichtung nach **Fig. 7** mit Blick auf die in **Fig. 7** mit A-A gekennzeichnete Schnittebene, wobei die **Fig. 8a** und die **Fig. 8b** zwei unterschiedliche Translationsstellungen zeigen.

### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

**Fig. 1** zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung mit einer ersten Rotorstellung. Ein Magnet **10** und ein Magnetfeldsensor **12** sind an den entgegengesetzten Enden eines weichmagnetischen Rückschlüßbügels **14** angeordnet. Zwischen den Enden des Rückschlüßbügels **14** befindet sich ein weichmagnetischer Rotor **16**. Der Rotor hat eine Außenkontur  $f = f(\alpha)$ , insbesondere einen sich mit dem Winkel ändernden Radius. In der in **Fig. 1** dargestellten Winkelstellung des Rotors **16** liegt zwischen dem Magnetfeldsensor **12** und dem Rotor **16** ein Luftspalt L1 vor; zwischen dem Magneten **10** und dem Rotor **16** befindet sich ein Luftspalt L2. Der wirkliche Spalt L1 für die Berechnung des Sensorsignals ist strenggenommen unter Einbeziehung der Dicke des Magnetfeldsensors **12**, beispielsweise eines Hall-Elementes, zu ermitteln.

**Fig. 2** zeigt die erfindungsgemäße Vorrichtung aus **Fig. 2** mit einer zweiten Rotorstellung. Der Rotor **16** ist bezüglich der Stellung aus **Fig. 1** um einen Winkel  $\alpha$  gedreht, so daß nunmehr die Spalte zwischen dem Magneten **10** und dem Rotor bzw. zwischen dem Magnetfeldsensor **12** und dem Rotor L2' bzw. L1' betragen. Folglich hat sich die Summe der Luftspalte geändert, was zu einer Erhöhung der Flußdichte und somit zu einer Erhöhung der Hall-Spannung des Magnetfeldsensors **12** führt. Nimmt man an, daß der Rotor in seiner Außenkontur einer mathematischen Spirale mit konstanter Steigung folgt und nimmt man ferner an, daß die Hall-Spannung umgekehrt proportional zum Luftspalt zunimmt, so kann man näherungsweise den funktionalen Zusammenhang zwischen dem Winkel  $\alpha$  und der Ausgangsspannung wie folgt beschreiben:

$$R(\alpha) = K \cdot \frac{\alpha}{360^\circ} + R_0,$$

wobei

$R_0$  der minimale Radius ist,

$\alpha$  der Drehwinkel gemessen zum Ort des minimalen Radius  $R_0$  ist und

$K$  eine Konstante ist.

Hieraus ergibt sich für die Längen der Luftspalte L1 bzw. L2:

$$L1 = A - (K \cdot \frac{\alpha}{360^\circ} + R_0)$$

15

$$L2 = A - (K \cdot \frac{\alpha + \alpha_0}{360^\circ} + R_0),$$

wobei

$A$  der Abstand der Rotationsachse des Rotors **16** zum Magnetfeldsensor ist, wie sich **Fig. 1** entnehmen läßt.

Geht man davon aus, daß sich die Hall-Spannung  $U_H$  näherungsweise proportional zur Breite der Luftspalte verhält, so ergibt sich für diese:

$$U_H \approx \frac{1}{(2A - 2R_0) - K \cdot \left[ \frac{2 \cdot \alpha + \alpha_0}{360^\circ} \right]}$$

Allgemein ergibt sich als Forderung für die Geometrie der Außenkontur:

$$\frac{B}{2A - [f(\alpha) + f(\alpha + \alpha_0)]} = C \cdot \alpha + C_0,$$

wobei

$B$  eine Konstante ist,

$C$  eine Konstante ist und

$C_0$  eine Konstante ist.

Die letzte Gleichung sagt aus, daß eine Funktion  $f(\alpha)$  in der Weise zu bestimmen läßt, daß sich ein linearer funktionaler Zusammenhang  $C \cdot \alpha + C_0$  zwischen der Ausgangsspannung und dem Winkel  $\alpha$  ergibt. Diese letzte Gleichung wird näherungsweise durch eine Spiralfunktion erfüllt, wenn man den Winkel  $\alpha$  mit einem Exponenten  $x$  versieht, welcher kleiner ist als 1, also:

$$R(\alpha) = K \cdot \frac{\alpha^x}{360^\circ} + R_0$$

**Fig. 3** zeigt eine weitere erfindungsgemäße Vorrichtung. Ein Rotor **16** ist in zwei verschiedenen Stellungen dargestellt, einmal durch eine durchgezogene Linie und einmal durch eine unterbrochene Linie. Der Rotor **16** hat einen umlaufenden Kragen **18**, dessen Dicke sich in Umfangsrichtung ändert. Der Kragen **18** ragt in einen U-förmigen Rückschlüßbügel **14**. Aufgrund der variablen Dicke des Krags **18** ändert sich die Dicke des weichmagnetischen Materials, welches den Luftspalt in dem Rückschlüßbügel beeinflußt. Wiederum ist die Funktion  $f = f(\alpha)$  für die Kontur des Krags so wählbar, daß sich ein erwünschter Kennlinienverlauf, beispielsweise ein linearer Verlauf, ergibt.

**Fig. 4a** und **Fig. 4b** zeigen die erfindungsgemäße Vorrichtung nach **Fig. 3** mit Blick auf die in **Fig. 3** mit A-A gekenn-

zeichnete Schnittebene, wobei die Fig. 4a und 4b unterschiedliche Rotorstellungen darstellen.

In Fig. 4a ist die Stellung des Rotors 16 dargestellt, welche der durchgezogenen Linie in Fig. 3 entspricht. Der Rotor 16 weist einen unmagnetischen Körper 20 auf, an dem sich der weichmagnetische Kragen 18 anschließt. In dem Bereich, welcher in den Raum zwischen dem Magneten 10 und dem Magnetfeldsensor 12 eindringt, welche endseitig innen an dem Rückschlüßbügel 14 befestigt sind, weist der Kragen 18 eine Dicke D1 auf. Hierdurch kommt es zwischen dem Magnetfeldsensor 12 und dem Kragen 18 zu einem Abstand La, und zwischen dem Kragen und dem Magneten kommt es zu einem Abstand L1.

In Fig. 4b ist der Rotor 16 um den in Fig. 3 mit  $\alpha$  bezeichneten Winkel gedreht worden, so daß die Darstellung gemäß Fig. 4b der unterbrochenen Linie in Fig. 3 entspricht. Da der zwischen dem Magneten 10 und dem Magnetfeldsensor 12 liegende Bereich des Krages 18 nunmehr die wesentlich größere Dicke D2 aufweist, haben sich die entsprechenden Luftspalte L1 zwischen Magnet 10 und Kragen 18 und La zwischen Magnetfeldsensor 12 und Kragen 18 verringert. Folglich wird in der Situation gemäß Fig. 4b eine größere Hall-Spannung erzeugt als in der Situation gemäß Fig. 4a.

Wählt man nun die Dickenänderung des Krages 18 in geeigneter Weise als Funktion des Winkels  $\alpha$ , so läßt sich wiederum der Kennlinienverlauf in gewünschter Weise beeinflussen, das heißt er läßt sich vorzugsweise linear wählen. Aufgrund des konstanten Gesamtluftspaltes wirkt sich ein radiales Spiel des Rotors nur wenig auf die Qualität des Meßergebnisses aus.

Fig. 5 zeigt eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung. Bei dieser Ausführungsform wird die Erfindung zur Messung einer Translationsbewegung verwendet. Zu diesem Zweck ist ein Stab 22 vorgesehen, welcher eine in Abhängigkeit der Koordinate S veränderliche Dicke hat, allgemein gesprochen eine Außenkontur  $f = f(S)$  aufweist. Der Stab 22 ist in zwei verschiedenen Stellungen dargestellt, verschoben um die Meßstrecke  $S_0$ . Ein Rückschlüßbügel 14 mit an seinen Enden angebrachtem Magneten 10 und Magnetfeldsensor 12 ist der schrägen Seite des Stabes 22 zugewandt angeordnet. Um der Schrägen Rechnung zu tragen, sind die Kopfflächen von Magnet 10 und Magnetfeldsensor 12 um den Betrag A gegeneinander versetzt. Verschiebt man nun den Stab 22 um die Meßstrecke  $S_0$ , so verändern sich die Luftspalte von L1 auf L1' bzw. von L2 auf L2'. Die Änderung der Luftspalte führen zu einer Flußänderung, was das Ausgangssignal des Magnetfeldsensors 12 verändert. Im Fall einer Hall-Sonde ändert sich die Hall-Spannung. Durch geeignete Wahl der Außenkontur  $f = f(S)$  des Stabes 22 ist wiederum eine gewünschte Kennlinie realisierbar, welche vorzugsweise einen vom Weg S abhängigen linearen Verlauf hat.

Fig. 6 zeigt eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung. Diese Ausführungsform ähnelt der Ausführungsform in Fig. 5, außer daß der Rückschlüßbügel 14 mit Magnet 10 und Magnetfeldsensor 16 anders zu dem Stab 22 angeordnet ist. Nunmehr sind die Kopfflächen des Magneten 10 bzw. des Magnetfeldsensors 12 im wesentlichen parallel zu der schrägen Seite des Stabes 22 angeordnet.

Fig. 7 zeigt eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung. Auch hier wird ein Stab 22 zur Messung einer Translationsstellung verwendet. In diesem Fall dringt der Stab 22 zwischen die Schenkel eines U-förmigen Rückschlüßbügels 14, an deren Innenseite der Magnet 10 bzw. der Magnetfeldsensor 12 an entgegengesetzten Enden befestigt sind.

Fig. 8a und Fig. 8b zeigen die erfindungsgemäße Vorrich-

tung nach Fig. 7 mit Blick auf die in Fig. 7 mit A-A gekennzeichnete Schnittebene, wobei die Fig. 8a und die Fig. 8b zwei unterschiedliche Translationsstellungen zeigen. Hier sind die beiden Positionen des Stabes 22, welche in Fig. 7 mit durchgezogener Linie 22a bzw. mit unterbrochener Linie 22b dargestellt sind, im Hinblick auf die Anordnung des Stabes 22 bezüglich des Magneten 10 und des Magnetfeldsensors 12 dargestellt. Der Stab 22 ist so geformt, daß der Abstand zwischen dem Magnetfeldsensor 12 und dem Stab 22 bei dem Wert La konstant bleibt, unabhängig davon, ob sich die Dicke D1 (Fig. 8a) oder die Dicke D2 (Fig. 8b) in dem Zwischenraum zwischen Magnet 10 und Magnetfeldsensor 12 befindet. Der Abstand zwischen dem Stab 22 und dem Magneten 10 ändert sich jedoch bei einer Translation des Stabes 22, so daß aus dem Luftspalt L1 gemäß Fig. 8a ein schmälerer Luftspalt L2 gemäß Fig. 8b wird. Folglich ändert sich das Ausgangssignal des Magnetfeldsensors; im Falle einer Hall-Sonde erhöht sich die Hall-Spannung. Analog zur Ausbildung nach der Fig. 4 wirkt sich hier eine Bewegung des Stabs 22 in Y-Richtung nicht störend auf das Meßsignal aus, da der das Meßsignal bestimmende Gesamtluftspalt konstant bleibt.

Die vorhergehende Beschreibung der Ausführungsbeispiele gemäß der vorliegenden Erfindung dient nur zu illustrativen Zwecken und nicht zum Zwecke der Beschränkung der Erfindung. Im Rahmen der Erfindung sind verschiedene Änderungen und Modifikationen möglich, ohne den Umfang der Erfindung sowie ihre Äquivalente zu verlassen.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Ermitteln der Position eines Objektes mit Mitteln (10, 14) zum Erzeugen eines Magnetfeldes und mit Mitteln (16, 22) zum Beeinflussen des Magnetfeldes, indem die Mittel (16, 22) zum Beeinflussen und die Mittel (10, 14) zum Erzeugen relativ zueinander bewegbar sind, dadurch gekennzeichnet, daß Änderungen des Magnetfeldes durch einen Magnetfeldsensor (12) nachweisbar sind und daß die Kennlinie des Magnetfeldsensors (12) durch die geometrische Gestalt der Mittel zum Beeinflussen (16, 22) festlegbar ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Magnetfeldsensor 12 ein Hall-Element ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel (10, 14) zum Erzeugen eines Magnetfeldes einen Magneten (10) und einen weichmagnetischen Rückschlüßbügel (14) umfassen, wobei der Magnet (10) und der Magnetfeldsensor (12) an entgegengesetzten Enden des Rückschlüßbügels (12) angeordnet sind.
4. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel (16, 22) zum Beeinflussen des Magnetfeldes als weichmagnetischer Rotor (16) ausgelegt sind, wobei sich der Radius des Rotors (16) in Umfangsrichtung verändert.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß sich der Radius R des Rotors gemäß der Gleichung

$$R(\alpha) = K \cdot \frac{\alpha^x}{360^\circ} + R_0$$

ändert, wobei

$R_0$  der minimale Radius ist,

$\alpha$  der Drehwinkel gemessen zum Ort des minimalen Radius  $R_0$  ist,

K eine Konstante ist und  
x eine Konstante  $< 1$  ist.

6. Vorrichtung nach einem der vorangehenden An-  
sprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel (16,  
22) zum Beeinflussen des Magnetfeldes als Rotor (16)  
ausgelegt sind, wobei sich die Dicke eines sich axial er-  
streckenden weichmagnetischen Kragens (18) in Um-  
fangsrichtung verändert.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, da-  
durch gekennzeichnet, daß die Mittel (16, 22) zum Be-  
einflussen des Magnetfeldes als weichmagnetischer  
Stab (22) ausgelegt sind, dem eine Translationsbewe-  
gung zuführbar ist, wobei sich die Abmessung des Sta-  
bes (22) senkrecht zur Bewegungsrichtung ändert.

15

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

~~THIS PAGE IS BLANK (VERSION 0)~~

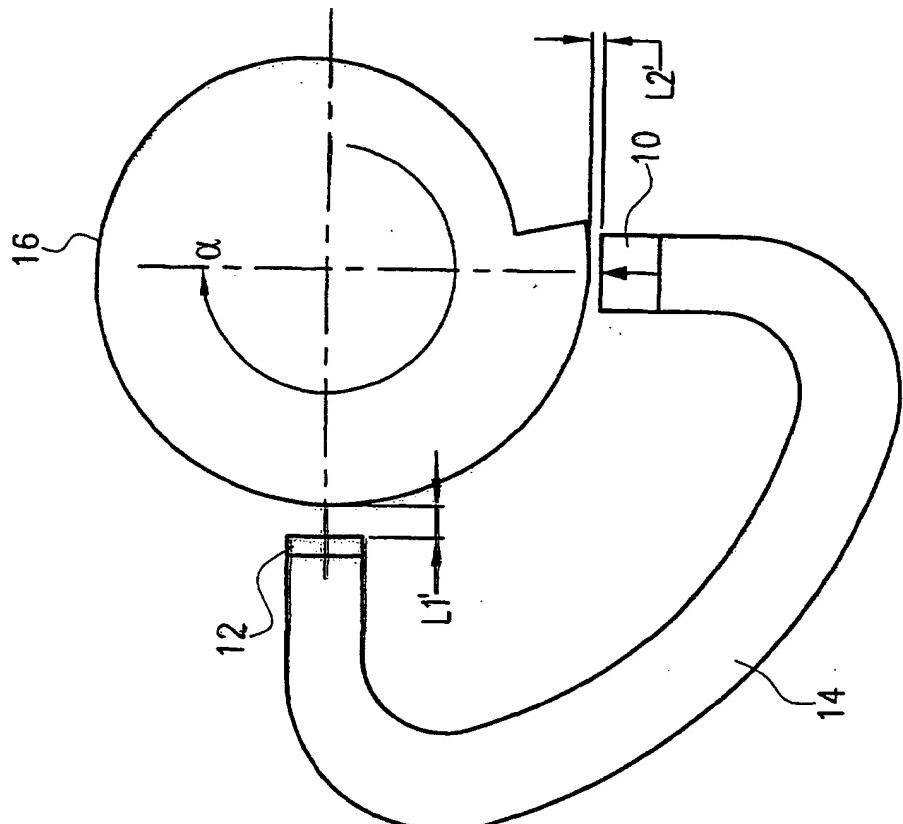


Fig. 2

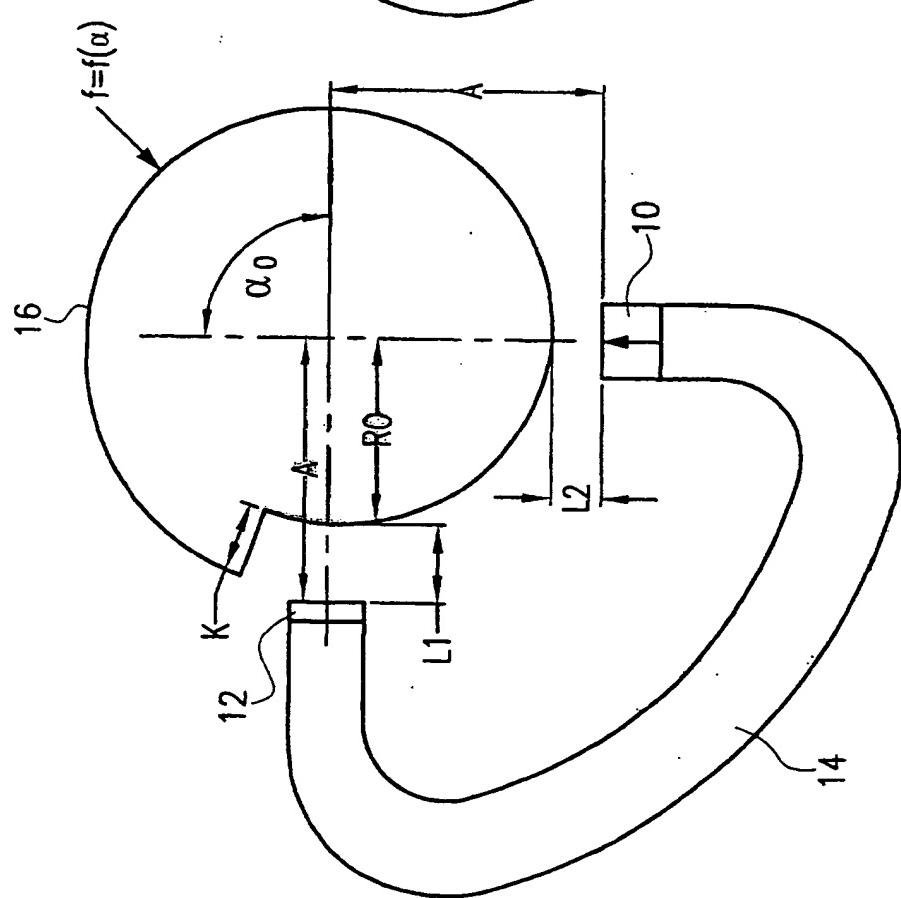


Fig. 1

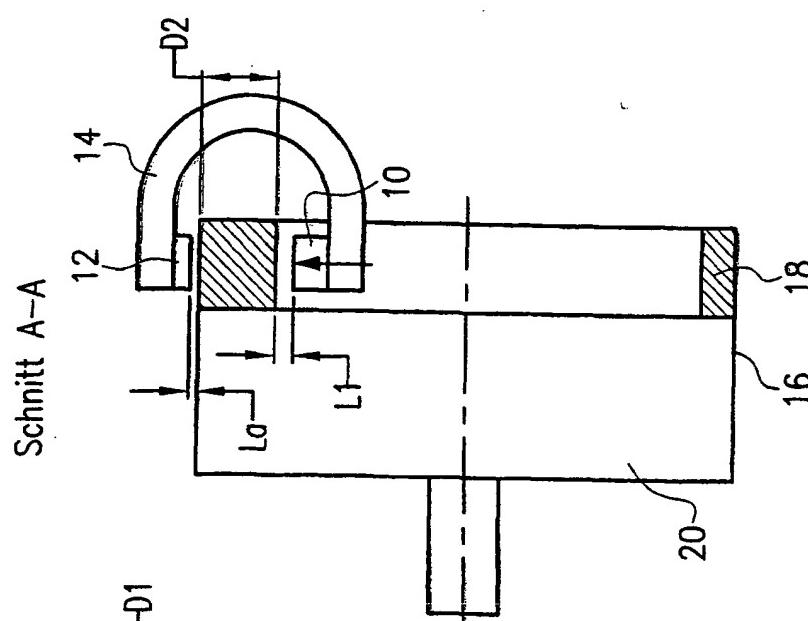


Fig. 4b

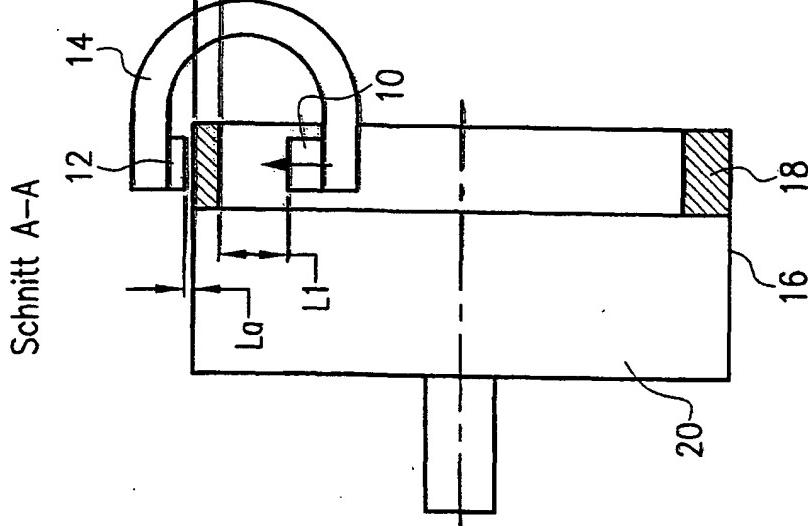


Fig. 4a

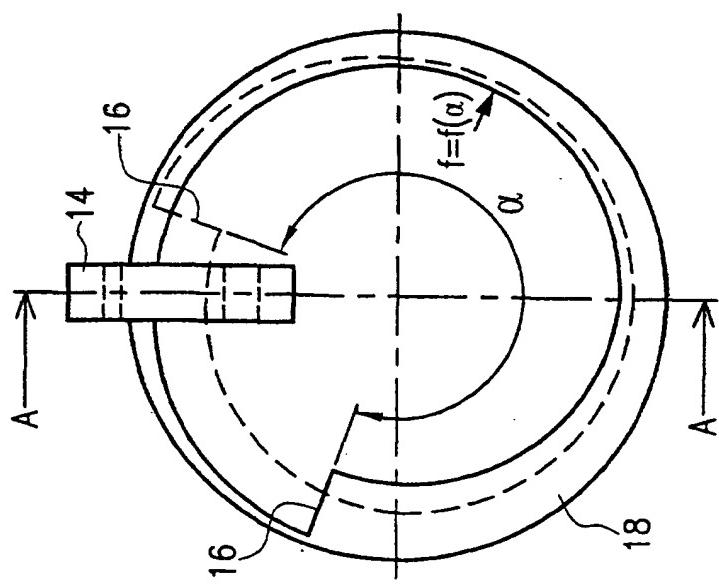


Fig. 3

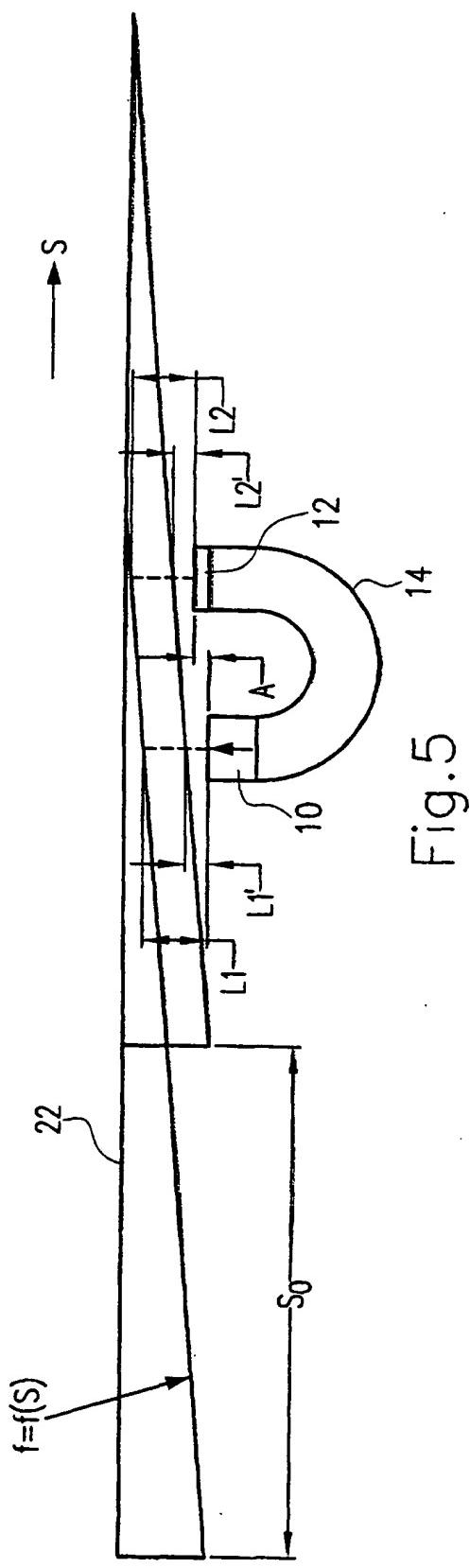


Fig. 5

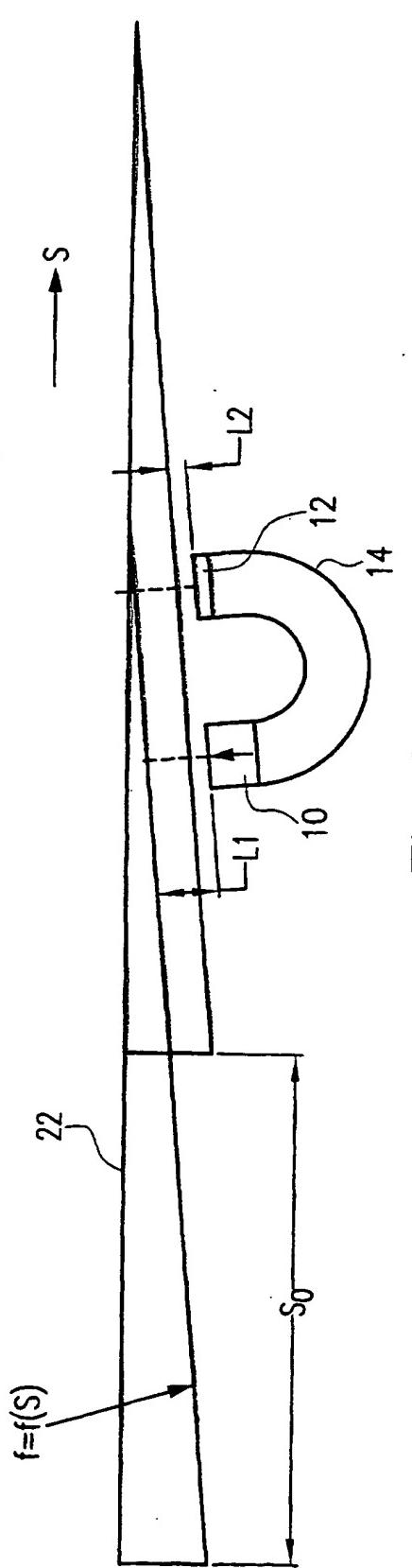


Fig. 6

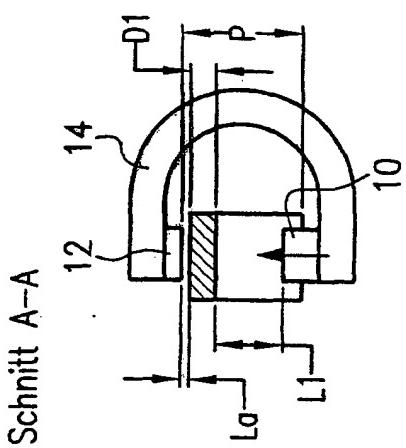
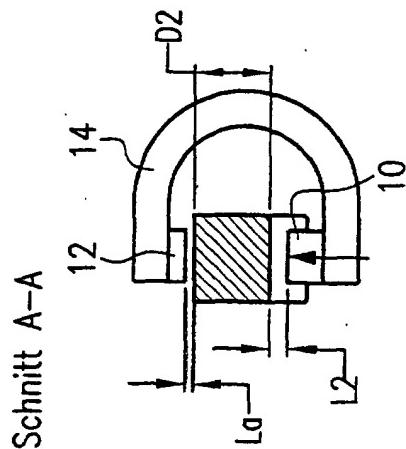
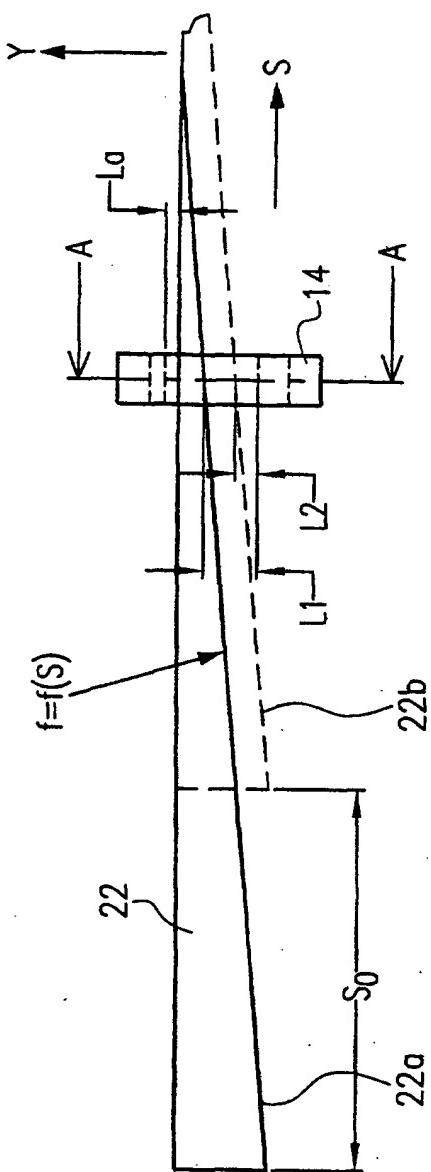


Fig. 8b

Fig. 8a

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**